Aus dem Hygiene-Institut der Universität Zürich.
Direktor: Herr Prof. Dr. O. Wyss.

Experimentelle Beiträge zur Formaldehyd Wasserdampf Desinfektion.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen medizinischen Fakultät

der

Universität Zürich

vorgelegt von

Hans Herzog, med. pract.
von Münster (Kt. Luzern).

Genehmigt auf Antrag des Herrn Prof. Dr. O. Wyss.

Jena,
Gustav Fischer
1903.

Aus dem Hygiene-Institut der Universität Zürich.
Direktor: Herr Prof. Dr. O. Wyss.

Experimentelle Beiträge zur Formaldehyd Wasserdampf Desinfektion.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen medizinischen Fakultät

der

Universität Zürich

vorgelegt von

Hans Herzog, med. pract.
von Münster (Kt. Luzern).

Genehmigt auf Antrag des Herrn Prof. Dr. O. Wyss.

AGAD.

Jena,
Gustav Fischer
1903.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549811_0148

Unsere einfachsten Desinfektionsmittel sind der strömende Wasserdampf und die heiße Luft. Das eigentliche Agens ist hierbei nicht die Temperaturerhöhung an und für sich, sondern im ersteren Falle ist es das Wasser, denn „heißes Wasser darf mit Recht als ein mit starken chemischen Kräften ausgestatteter Körper betrachtet werden, der auf sehr viele organische Verbindungen zersetzend einwirkt“ (Behring); im zweiten Fall wirkt nicht die trockene Hitze, sondern die heiße Luft und speziell der Sauerstoff.

Der strömende Wasserdampf hat den Nachteil, daß er die Objekte stark durchnäßt, viele Gegenstände beschädigt und Blut- und Eiterflecken durch Eiweißgerinnung einbrennt. Die heiße Luft ruiniert ebenfalls viele Gegenstände und wirkt zudem weniger bakterizid. Ausgehend von diesen beiden Prinzipien, dem strömenden Wasserdampf und der erhitzten Luft, suchte man die Desinfektionsmethoden zu verbessern.

Statt des Wasserdampfes nur kaltes Wasser, welchem chemisch wirkende Desinfizientien zugesetzt wurden, zu nehmen, erwies sich in den meisten Fällen als irrationell. Walter (38) taucht Kleidungsstücke und Ledersachen 24 Stunden lang in eine 1-proz. Formollösung. Förster (10) empfiehlt das Einlegen der Wäsche in eine 10-fache Verdünnung von Kreosolwasser.

Nachdem Koch (18), Behring (4), Heider (15), Pottevin (26) u. a. nachgewiesen, daß mit einer Steigerung der Temperatur die desinfizierende Kraft solcher wässerigen Lösungen rapid zunimmt, traten auch diese in die Reihen der brauchbaren Desinfektionsmittel ein. Behring empfiehlt 1,4 Proz. Soda enthaltende Waschlaugen, Heider heiße Lysollösungen von 0,5—2 Proz., Nocht (23) eine 3—5-proz. Karbolsäurelösung von 40—50°. Zur Desinfektion von mit Blut, Eiter und Kot beschmutzter Wäsche sind diese Verfahren entschieden von Vorteil, indem Verunreinigungen sich lösen, so daß, falls die Wäsche kalt eingeweicht wird, keine Flecken eingebrannt werden.

Da die heiße Luft erst bei hoher Temperatur und bei langer Dauer sicher keimtötend wirkt, beschädigt sie die zu desinfizierenden Objekte.

Nun hat aber Schumburg (32) in neuerer Zeit ein Desinfektionsverfahren empfohlen, mittels dessen er auch feinere Kleider, Leder u. s. w., ohne sie zu schädigen, desinfizieren will, solange keine sporentragenden Bakterien (Milzbrand und Tetanus) in Betracht kommen. Der genannte Forscher geht vom Prinzip der Heißluftsterilisation aus; statt der

trockenen heißen Luft kommt aber feuchte heiße Luft zur Anwendung. Durch gleichzeitiges Verdunsten von Wasser soll die mechanische Bewegung der Luft und infolgedessen ihr Eindringen in die Objekte befördert werden. Immerhin darf der Feuchtigkeitsgehalt der Luft gewisse Grenzen nicht überschreiten, da sonst Ledersachen schrumpfen. „Bei einer relativen Feuchtigkeit von 60 Proz. scheint die Zone für die feuchte Luft von 100° getroffen zu sein, in welcher einerseits die sporenfreien pathogenen Keime zu Grunde gehen, andererseits Leder nicht angegriffen wird.“ Die Methode wird zur Zeit noch weiter geprüft.

Schon früher wurden statt der heißen Luft verschiedene chemisch wirkende Gase zu Desinfektionszwecken benutzt, so das Chlor, die schweflige Säure und das Brom. Von der schwefligen Säure, welche ganz besonders von der Hamburger Cholerakommission empfohlen worden war, sagt Behring (4), „daß das Gas bei einer Versuchsdauer und Dosis, welche die Praxis im äußersten Falle noch zuläßt, in die größeren Verkehrsgegenstände wie Ballen und Bunde nicht tief genug eindringt“.

Die genannten Gase wurden mit der Zeit aus der Desinfektionspraxis verdrängt durch das Formaldehydgas, welches sich speziell für die Zimmerdesinfektion als geeignet erwies. Es kommt hierbei neben der spezifisch bakteriziden Wirkung dieses Gases noch besonders die annähernde Gleichheit der spezifischen Gewichte von Luft und Formaldehyd in Betracht, wodurch die Verteilung desselben im Raume erleichtert wird. Die unzähligen Versuche, welche mit dem Trillatschen Autoklaven, dem Scheringschen Aeskulap, dem Lingnerschen Glykoformalapparat, den Karboformalglühblocks, den Sprayapparaten von Prausnitz und von Czaplewski und dem Apparat von Flügge angestellt worden sind, ergaben gute Resultate, aber nur was die Oberflächendesinfektion anbelangt.

Um nun mit gasförmigen Desinfizientien Tiefenwirkung zu erzielen, wurde das Vakuum zu Hilfe genommen. Man hoffte, daß, nachdem die Luft aus den zu desinfizierenden Objekten herausgezogen wäre, das Gas in genügender Menge in die Tiefe derselben eindringen würde; allein auch hier entsprach, wie wir später sehen werden, der Erfolg den Erwartungen selbst dann nicht, wenn das Gas unter erhöhtem Drucke in einen luftverdünnten Raum einströmte.

Einen prinzipiell wichtigen Fortschritt stellt die Methode von Esmarch (8) dar. An die Stelle des trockenen Formaldehyddampfes tritt der strömende Formaldehydwasserdampf, eventuell in Verbindung mit dem Vakuum.

Bevor wir näher auf die Methode eintreten, werfen wir einen kurzen Ueberblick auf die Entwickelung und den gegenwärtigen Stand der Formalindesinfektion mit Ausschluß der Zimmerdesinfektion.

Der im Jahre 1869 von Hofmann entdeckte Aldehyd der Ameisensäure oder Formaldehyd (CH_2O) ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, welches beim Abkühlen sich zu einer farblosen, bei — 21° siedenden Flüssigkeit verdichtet und das leicht in Wasser löslich ist. Seine antiseptischen Eigenschaften wurden erst 1892 fast gleichzeitig von Trillat und von Aronson geprüft. Wie die Aldehyde im allgemeinen, polymerisiert auch der Formaldehyd sehr leicht; hierdurch entstehen feste Körper, der Paraformaldehyd $(CH_2O)_2$ und das Trioxymethylen $(CH_2O)_3$; die aktive Substanz hat sich in eine inaktive verwandelt (Bombicci) [5]. Das Formalin des Handels ist die konzentrierte 40-proz. Formaldehydlösung. Sobald diese Lösung über 40 Proz. hinaus

eingedampft wird, scheidet sich eine weiße Masse aus, bestehend aus den eben genannten Polymeren. Um diese für die Praxis höchst unangenehme Polymerisation zu verhüten, wurden dem Formalin gewisse Substanzen zugesetzt wie Chlorcalcium (Chloroformol von Trillat), Menthol (Holzin von Rosenberg), Glycerin (Glykoformal von Walther-Schlossmann), oder es wurde das Formalin unter hohen Druck gesetzt (Trillat) oder stark verdünnt (Flügge). Basierend auf diesem großen Fortschritte, nahm dann die Zimmerdesinfektion einen raschen Aufschwung und gab befriedigende Resultate.

Nicht dasselbe kann man behaupten betreffs Desinfektion von Kleidern, Leder, Pelzwaren, Seidenstoffen, Büchern, Bürsten, Kämmen und einer Menge anderer Gegenstände, welche den strömenden Wasserdampf nicht vertragen. Zum großen Teil werden solche Gegenstände vor der Ankunft der Desinfektoren von den Leuten verborgen, weil diese fürchten, daß ihr Eigentum im Wasserdampfe verdorben werde. Läßt man aber genannte Objekte in dem mit Formaldehyd zu desinfizierenden Zimmer zurück, so werden sie nur unvollständig sterilisiert und halbe Desinfektion ist unter Umständen schlimmer als gar keine.

Im Jahre 1893, also noch zur Zeit der ersten Formalinbegeisterung, gab Lehmann (20) eine Methode der Kleiderdesinfektion an, welche jedermann gestatten würde, zu Hause die Kleider auf die einfachste Weise selbst zu sterilisieren. Die Kleider wurden von Lehmann in eine Kiste gebracht und hier 12 Stunden lang bei gewöhnlicher Zimmertemperatur Dämpfen ausgesetzt, welche sich aus 15 g Formalin entwickelten, oder es wurden mit Formalin getränkte Tücher zwischen die Kleider gelegt. Milzbrandsporen, welche in strömendem Wasserdampf 7—8 Minuten lebend geblieben waren, sollen hierbei abgetötet worden sein. Das Verfahren war auch für Lederwaren, Bürsten, Bücher u. s. w. berechnet.

Frank (11 u. 12) empfiehlt zur Desinfektion von tierischen Haaren, Fellen u. s. w. Alkoholdämpfe oder als noch besser wirkend, Dämpfe des Spiritusvorlaufs, welchen er ein ganz besonders intensives Penetrationsvermögen zuschreibt. Das zu desinfizierende Material befindet sich in einem metallenen Behälter, welcher auf 65—70° erwärmt wird und in welchem Alkoholdämpfe 4 Stunden lang auf die Objekte einwirken. Am wirksamsten zeigten sich Dämpfe, welche aus 40-proz. Alkohol entwickelt wurden.

Abba und Rondelli (1) desinfizieren Frauenkleider, Pelzsachen, Hüte u. s. w. in einem besonderen Raume derart, daß jene an einem von der Decke herabhängenden rotierenden Metallkranze aufgehängt und so den Formaldehyddämpfen ausgesetzt werden; der Raum selbst kann bis auf 80° erhitzt werden.

Nach der Methode von Petruschky (25) werden alle wertvollen Kleider und andere Gegenstände, welche den strömenden Wasserdampf nicht vertragen, in einem fest verschlossenen Schranke durch eine sehr große Menge Formaldehyd (400 g = 1000 ccm Formalin), welcher durch eine Oeffnung von außen eingeleitet wird, desinfiziert. Hinz (18), welcher die Methode prüfte, fand bei Anwendung von 2 l Formalin nach 2-stündiger Einwirkung Kleider und auch Pelzsachen keimfrei; dagegen waren trotz der großen Formalinmenge Milzbrandsporen in einer Stiefelspitze und in einem Besen lebend geblieben. Aehnliche Versuche wurden mit dem Sprayapparat von Prausnitz gemacht.

Nicht sporentragende Bakterien wurden abgetötet, Sporen aber, sowie auch Pediculi, blieben am Leben.

Das Verfahren von Petruschky wurde wesentlich vereinfacht von Rositzky (29). Statt des teuren Trillatschen Autoklaven benutzt letzterer einen einfachen Dampftopf. Vom diesem aus wird der Dampf in das Innere eines Schrankes zu einem Gefäß mit Sprayvorrichtung geleitet; im Gefäße befindet sich Formalin, welches durch den unter einer gewissen Strömung eindringenden Dampf direkt nach aufwärts versprayt wird. Die Desinfektionsdauer beträgt 9 Stunden; für einen Schrank von 1 cbm Rauminhalt braucht es 100 ccm 40-proz. Formaldehydlösung. Das Verfahren kommt in Danzig und, mit geringen Modifikationen, in der Grazer Desinfektionsanstalt zur Anwendung.

Walter (37 u. 38) beschreibt einen Apparat, mittels dessen er Kleider, besonders Uniformen, bei 50—70° desinfiziert. Aus einem Autoklaven mit 3—$3^1/_2$ Atmosphären Ueberdruck werden Dämpfe von Formochlorol in einen Blechkasten (130 : 50 cm) eingeleitet. Der Blechkasten ist von einem Mantel aus demselben Material umgeben und kann durch Einleiten von Wasserdampf aus einem Maschinenkessel erwärmt werden. Das Verfahren ergab gute Resultate und diese zeigten keine bedeutende Differenz, ob gleichzeitig noch Luft abgesogen wurde oder nicht.

Merkel (22) prüfte die Methode einer französischen Gesellschaft in Marseille nach (wohl das Verfahren der Société chimique des Usines du Rhône). Er benutzte zu seinen Versuchen den gewöhnlichen Desinfektionsapparat (3 : 2 m) einer Pinselfabrik. Es wurden Borsten mit Milzbrandsporen imprägniert und ins Innere von großen Borsten- und Roßhaarpaketen gesteckt. Im Apparate wurde ein Vakuum, entsprechend 680 mm Quecksilberdruck, geschaffen und aus einem Autoklaven wurden 3 Stunden lang unter 3 Atmosphären Ueberdruck Formaldehyddämpfe eingeleitet. Trotz dieser komplizierten Einrichtung bekam Merkel ein völlig negatives Resultat.

Dasselbe Verfahren wurde auch nachgeprüft von Dunbar und Musehold (7). Die zu desinfizierenden Roßhaare wurden in losem Zustande unter gewöhnlichem Druck, in Ballen unter vermindertem Druck (60 statt 760 mm) den Dämpfen von Formochlorol ausgesetzt. Sobald der Desinfektionsraum (10 cbm) mit Formaldehyddämpfen gesättigt war, wurde das Einströmen der Dämpfe unterbrochen; die Borsten- und Roßhaarbündel blieben noch 12—16 Stunden in Kontakt mit den Formaldehyddämpfen. Die Resultate stimmen mit denjenigen von Merkel überein. Die in einer Tiefe von 10 cm in Roßhaarpaketen untergebrachten Milzbrandsporen von mittlerer Resistenz waren nicht abgetötet worden. Das Innere der Borstenbündel hatte sich für Formaldehyddämpfe leichter zugänglich erwiesen. Die Mängel des Verfahrens beruhen nach Dunbar und Musehold darauf, „daß durch die Anwendung des Vakuums das Eindringungsvermögen des Formaldehyds nicht in einem für den besonderen Zweck ausreichenden Grade gesteigert wird, und daß der in den Desinfektionsraum zuströmende Dampf sich ungleichmäßig verteilt, nämlich in der Hauptsache sich in den unteren Teilen des Desinfektionsraumes sammelt".

Einen Apparat auf demselben Prinzip beruhend und wohl das Vorbild für denjenigen der Société chimique des Usines du Rhône, beschrieb 1897 der Amerikaner Kinyoun (17) als Modifikation seines schon 1895 konstruierten Desinfektionsapparates. Auch hier soll das Vakuum es

gestatten, das Formaldehydgas zur Desinfektion dichterer, schwer durchdringbarer Objekte zu verwenden. Da der von Kinyoun angegebene Apparat, soviel ich ersehen konnte, in der deutschen Literatur bis jetzt keine Erwähnung gefunden hat, lasse ich eine kurze Beschreibung desselben folgen: An der Seite eines cylinderförmigen Desinfektionsraumes befinden sich 2 kleine Cylinder; der eine derselben ist aus Kupfer, der andere aus Eisen; damit die darin enthaltenen Flüssigkeiten bequem erhitzt werden können, sind beide kleinen Cylinder, die sogenannten „boilers“, mit Dampfröhren umwickelt; überdies sind sie mit Ein- und Ausflußröhren sowie mit Manometern versehen. Die Ausflußröhren beider boilers münden durch eine gemeinsame Oeffnung in den Behälter. Der Kupfercylinder wird mit Formochlorol, der eiserne mit Ammoniak gefüllt; mit letzterem sollen nach vollendeter Desinfektion die Objekte desodoriert werden. Nachdem der Desinfektionsraum mit den zu desinfizierenden Gegenständen beschickt und gut verschlossen worden, wird die Luft aus demselben abgesogen, bis der Atmosphärendruck auf die Hälfte gesunken ist. Während dieser Zeit läßt man durch die Dampfröhrenrolle, welche den kleinen kupfernen Cylinder umgibt, Dampf strömen, bis das Manometer den gewünschten Druck angibt; alsdann wird der Hahn geöffnet und das Formaldehydgas stürzt mit Vehemenz in den Desinfektionsraum. Auf diese Weise kann man in letzterem leicht jeden beliebigen Prozentsatz Formaldehyd erhalten und daher auch die Desinfektionszeit nach Wunsch regulieren. Vor allem unterscheidet sich der Apparat Kinyouns von denjenigen, welche von Dunbar und Musehold sowie von Merkel benutzt wurden, dadurch, daß durch Vorwärmung des Mantels die Temperatur im Innern des Desinfektionsapparates bis auf 85° gesteigert werden kann, eine Temperatur, welche man mit den in Europa gebräuchlichen Apparaten nicht erreicht. Kinyoun benutzt seinen Apparat besonders zur Desinfektion von gepolsterten Möbeln, Matratzen, Büchern, Pelzen und feineren Textilarbeiten.

Diese kurz beschriebenen Methoden sind entweder zu wenig wirksam oder sie arbeiten mit zu teuren Apparaten, wie dasjenige von Walter, von der Société des Usines du Rhône, von Petruschky, welch letztere Methode zudem sehr teuer im Betriebe ist, da der Apparat kolossale Mengen Formaldehyd verbraucht, auch das Franksche Verfahren dürfte ziemlich kostspielig sein. Schon mehr für die Praxis geeignet scheinen die Verfahren von Abba und Rondelli sowie dasjenige von Rositzky; allein auch diese arbeiten zu langsam, unter Umständen auch zu unsicher und wurden mit zu wenig resistenten Testobjekten geprüft. Bei der amerikanischen Methode ist der teure Trillatsche Autoklav durch einen kleinen kupfernen Cylinder ersetzt. Um eine Temperatur von 85° im Innenraum zu erhalten, ist es erforderlich, einen dickeren, widerstandsfähigeren Mantel an dem Desinfektionsapparat anzubringen, was den Preis der Anlage etwas erhöht.

Alle genannten Desinfektionsverfahren nehmen zum Ausgangspunkte das Formaldehydgas; demselben werden zur Verstärkung seiner Wirkung Wasserdämpfe beigegeben. Kokubo (19), ein Schüler v. Esmarchs, geht umgekehrt vom 100-grädigen Wasserdampfe aus, dessen desinfizierende Kraft er durch Zusatz verschiedener Substanzen zu erhöhen sucht. Kokubo kommt zu dem überraschenden Resultate, daß durch Zusatz minimaler Mengen von Formaldehyd zum strömenden Wasserdampf die Desinfektionswirkung des letzteren kolossal gesteigert wird.

Ein Kartoffelbacillus, der dem strömenden Wasserdampfe 130 Minuten widerstanden hatte, ging nach Zusatz von 0,1 Proz. Formaldehyd bereits nach 7 Minuten zu Grunde.

v. Esmarch (8) hat nun auf diesem Prinzipe die neue Methode aufgebaut. Seine Versuche ergaben:

Daß man durch Formaldehydzusatz zum 100-grädigen Wasserdampf die Desinfektionszeit für umfangreiche, dichte und zusammengepreßte Objekte bedeutend abkürzen könne;

daß auch bloß 70—80-grädiger Wasserdampf bei Zusatz geringer Mengen von Formaldehyd freie Sporenfäden sehr rasch sterilisiert;

daß durch 70—80-grädigen Formaldehydwasserdampf eine bedeutende Tiefenwirkung erzielt werden kann, falls gleichzeitig die Luft mit gewisser Intensität abgesogen wird.

Auf Grund dieser Resultate empfiehlt v. Esmarch die Verwendung von 70—80-grädigem Formaldehydwasserdampf in Verbindung mit einem geringen Vakuum als allgemeine Desinfektionsmethode. v. Esmarch selbst hat seine Methode mit weniger widerstandsfähigem Materiale geprüft, und ich folgte daher gern der Einladung meines verehrten Lehrers, Herrn Dozent Dr. Silberschmidt, die Resultate der beiden Forscher, v. Esmarch und Kokubo, nachzuprüfen.

I.

Nachdem mehrere Vorversuche in einem improvisierten Apparate ermutigende Resultate gegeben, ging ich zuerst an die Prüfung freier, d. h. nicht eingewickelter Seidenfäden. Letztere wurden nach Behring (4) so hergestellt, daß 5—6 Tage alte Kartoffel- oder Agarreinkulturen mit einem ausgeglühten Platinspatel abgeschabt und in sterilem destillierten Wasser verrieben wurden. In diese Aufschwemmung kamen Seidenfäden, die im Autoklaven sterilisiert worden waren, über 1 Stunde lang zu liegen; dann wurden sie einzeln herausgenommen, in sterile mit Filtrierpapier austapezierte Petri-Schalen gelegt und mehrere Tage bei 40° im Brutschrank gelassen. Zur Prüfung der so hergestellten Sporenfäden stand mir ein kleiner Desinfektionsapparat, eine Art Kochscher Topf, zur Verfügung, der seiner Zeit von Prof. Roth zu seinen Versuchen benutzt worden war. Die Seidenfäden wurden zu 4—5 zwischen zwei sterile Klötzchen aus Hartholz dadurch eingekeilt, daß die beiden Klötzchen durch Klammern zusammengepreßt wurden. In der Mitte der einen Klammer war ein Bindfaden befestigt, und am Ende dieses Bindfadens hing ein Gegengewicht.

Fig. 1.

Sobald das im Deckel des Apparates steckende Thermometer die Siedetemperatur zeigte (in Zürich 98,5°), wurden die Klötzchen mit den eingekeilten Seidenfäden rasch und unter möglichst wenig Dampfverlust der Innenwand des Apparates nach bis zu halber Höhe hinabgelassen, so daß die Fäden frei in das Lumen des Apparates hineinragten. Das Gegengewicht hing an der Außenwand herunter. Nach Ablauf einer bestimmten Anzahl Minuten wurde der Deckel auf der betreffenden Seite gelüftet und ein bestimmtes Klötzchen herausgezogen. Die Sporenfäden

wurden mit ausgeglühter Schere abgeschnitten, in sterile Bouillon gebracht und 10 Tage lang täglich im Brutschranke kontrolliert.

Es wurden auf diese Weise geprüft: Ein Milzbrandbacillus vom Pferd (Milzbrand — Pferd), ein Milzbrandbacillus gewonnen aus der Pustula maligna eines Patienten und auf eine Maus überimpft (Milzbrand—Maus), ferner Seidenfäden, welche Herr Prof. Egli im Jahre 1893 mit Subtilis imprägniert hatte (Subtilis 1893) und endlich ein Kartoffelbacillus, der vor einiger Zeit aus einer 8 Jahre lang aufbewahrten Büchse mit unversehrter kondensierter Milch isoliert worden war (Mesentericus vulgatus II aus Milch).

Seidenfäden, mit Sporen der genannten Bakterienarten infiziert, wurden im kochenden Wasser, im strömenden Wasserdampf und in Formaldehydwasserdampf verschiedener Konzentration geprüft. Die Resultate, mit denjenigen von Kokubo übereinstimmend, veranschaulicht folgende Tabelle I:

Tabelle I.

Versuche mit freien Sporenfäden.

Bakterienart	strömender Wasserdampf	kochendes Wasser	Formaldehydwasserdampf 0,1 Proz.	0,5 Proz.	1,0 Proz.
	Kein Wachstum mehr nach:				
Milzbrand—Pferd	4— 5 Min.	2 Min.	1 Min.	1 Min.	1 Min.
Milzbrand—Maus	9—10 „	4—5 „	2— 3 „	1 „	1 „
Subtilis 1893	130 „	45 „	8—10 „	3—5 „	2—3 „
Mesent. aus Milch II	150 „	60 „	10—15 „	5—6 „	2—3 „

Zu diesen Versuchen wurde 40 Proz. Formalin (Originalflasche von Schering) verwendet. Die Fäden wurden immer in Bouillon überimpft, da nachgewiesen ist, daß die Resultate genauer sind als bei Verwendung fester Nährböden. R. Koch (18) gibt die Vorschrift, man solle, damit nicht die Probe dem Nährboden zu viel von dem Desinfektionsmittel zuführt, wodurch das Bakterienwachstum verhindert werden kann, einerseits die Probe möglichst klein nehmen und andererseits das Desinficiens vor dem Ueberimpfen aus der Probe zu entfernen suchen. Trotz diesem Rate zog ich es vor, zu jedem Versuche 4—5 Sporenfäden zu verwenden, um rascheres Wachstum und möglichst übereinstimmende Resultate zu erhalten. Ueber letzteren Punkt bemerkt Behring (4) in Uebereinstimmung mit Pottevin und Geppert: „Auch die Zahl der an dem Seidenfaden haftenden Sporen ist auf das Resultat der Prüfung von Einfluß, weil die einzelnen Sporen nicht die gleiche Widerstandsfähigkeit besitzen und weil die Wahrscheinlichkeit, sehr widerstandsfähige Exemplare am Seidenfaden vorzufinden, um so größer ist, je mehr Sporen demselben anhaften“. Um die Sporenfäden von etwa noch anhaftendem Formaldehyd zu befreien, wurden sie vor der Ueberimpfung in sterilem destillierten Wasser, dem wenig Ammoniak beigefügt war, geschwemmt. Auf diese Weise soll unwirksames Hexamethylentetramin entstehen nach der Formel:

$$6\ CH_2O + 4\ NH_3 = 6\ H_2O + (CH_2)_6N_4.$$

Bei den späteren Versuchen mit Paketen, Schuhen u. s. w. wurden die Fäden direkt überimpft, da besonders angestellte Versuche keine Wachstumsdifferenz zwischen neutralisierten und nicht neutralisierten Sporenfäden ergaben. Schumburg (31) behauptet übrigens, gestützt auf zahlreiche Experimente, daß Formaldehyd mehrere Stunden in Be-

rührung mit Ammoniak bleiben müsse, bis Hexamethylentetramin entstehe. Das einzige Mittel, um einen Einfluß des übertragenen Formaldehyds auf das Versuchsergebnis auszuschließen, bleibt demnach die alte Kochsche Empfehlung einer gehörigen Verdünnung durch Anwendung kleiner Objekte (Fäden, Glasperlen) und großer Mengen flüssigen Nährmaterials. Der Prozentgehalt der verwendeten Lösungen bezieht sich stets auf das darin enthaltene Formaldehydgas, nicht auf das Formalin. Wenn z. B. von 1-proz. Formaldehydwasserdämpfen gesprochen wird, so ist dies so zu verstehen, daß auf 1 l der zu verdampfenden Lösung 25 ccm Formalin (40-proz.) kommen. Die Versuche von Brunn (6) geben des weiteren darüber Auskunft, in welchem Verhältnis Formaldehyd einerseits und Wasserdampf andererseits aus einer stark verdünnten Formaldehydlösung verdampfen. Bei einer Konzentration über 8 Proz. verdunstet mehr Wasser als Formaldehyd, bei Konzentration unter 8 Proz. mehr Formaldehyd. „Je verdünnter die Ausgangslösung, um so mehr Formaldehyd entweicht und kann für die Desinfektion nutzbar gemacht werden.“ Dieser Satz erklärt zum Teil die öfter beobachtete Tatsache, daß für kurz dauernde Versuche mit schwachen Formaldehydlösungen die Konzentration wenig in Betracht kommt. So fand auch Kokubo (19) die Widerstandsfähigkeit seines Kartoffelbacillus gegen Formaldehydwasserdämpfe von 0,5, 1,0, 2,0 und 3,0 Proz. kaum 1 Minute variierend.

II.

In zweiter Linie handelte es sich darum, festzustellen, ob auch bei niedrigerer Temperatur bedeutende Unterschiede bestehen in der keimtötenden Wirkung des Wasserdampfes und des Formaldehydwasserdampfes. Als Testobjekte wurden außer den schon genannten Bakterienarten noch benutzt: Ein gewöhnlicher Kartoffelbacillus (Mesentericus I), ein Staphylococcus pyogenes aureus und ein Subtilis, gewonnen aus einer nach Eisensplitterverletzung entstandenen Panophthalmie und als deren spezifischer Erreger beschrieben von Bänziger und Silberschmidt (33). Ich wählte zu diesen Versuchen die Temperatur von 70°, weil diese für die später zu erörternde Frage der Desinfektion von Leder, Seide und Pelzsachen besonders in Betracht kommt. Die Resultate finden sich in der folgenden Tabelle.

Tabelle II.

Widerstandsfähigkeit von infizierten Seidenfäden in Wasserdampf von 70° mit und ohne Formaldehyd.

Bakterienart	30 Min. in Wasserdampf	30 Min. in 0,1-proz. Formaldehydwasserdampf	3 Stdn. in Wasserdampf	15 Min. in 1,0-proz. Formaldehydwasserdampf
Staphylococcus aureus	+	—		
Milzbrand—Pferd	+	—		
Milzbrand—Maus	+	—		
Mesent. vulg. I	+	—		
Subtil.—Panophthalm.	+	+	—	—
Subtilis 1893	+	+	+	—
Mesent. vulg. II.—Milch	+	+	+	—

Milzbrand—Maus in 1,0 Proz. Formaldehydwasserdampf von 70°:
nach 3 Minuten +
„ 4 „ —

III.

Behufs Prüfung der Tiefenwirkung von Formaldehydwasserdämpfen verschiedener Konzentration benutzte ich möglichst widerstandsfähige Testobjekte, nämlich Sporen vom Milzbrandbacillus—Maus, welche im strömenden Wasserdampf 9 Minuten, im kochenden Wasser 4 Minuten lang lebend geblieben waren, und den Subtilis 1893, dessen Sporen im Wasserdampf erst nach 130 Minuten, im kochenden Wasser erst nach 45 Minuten abgetötet wurden. Der Mesentericus—Milch II, welcher bei den früheren Versuchen die resistentesten Sporen gezeigt hatte, erwies sich in Aufschwemmungen anderer Kulturen als weniger widerstandsfähig. Was die Wahl der Testobjekte für Formaldehydversuche betrifft, sind die Ansichten der Autoren wesentlich verschieden. Die Mehrzahl derselben erklärt sporenhaltiges Material und unter den pathogenen Mikroorganismen den Milzbrand als am widerstandsfähigsten gegenüber Formaldehydeinwirkung. Im Gegensatz hierzu wollen Hammer und Feitler (14) geradezu eine elektive Wirkung des Formaldehyds auf Milzbrand beobachtet haben. Abba und Rondelli (1) sowie auch Reichenbach (27), Walter (37) u. a. fanden eine mangelhafte bakterizide Wirkung des Formaldehyds gegenüber nicht über 4 Wochen alten Staphylokokkenfäden. Ottolenghi (24) fand die Wirkung einer Formalinlösung 10 : 100 auf tuberkulösen Auswurf mangelhaft. Spengler (35) hält eine Vernichtung der Tuberkelbacillen nach der Flüggeschen Formalindesinfektionsmethode für ausgeschlossen und verlangt, daß Tuberkelbacillen als Testobjekte benutzt werden. (Nach Spenglers Ansicht ist der Tuberkelbacillus im Gegensatz zu anderen Sputumbakterien so widerstandsfähig gegen Formaldehyd, daß sich letzterer zur Isolierung von Tuberkelbacillen und Tuberkelbacillensplittern aus Bakteriengemischen sowie zu deren Züchtung eignet). Sitsen (34) betont, „daß die Widerstandsfähigkeit der vegetativen Formen der Bakterien durch das Trocknen anfangs zunimmt und erst bei fortschreitender Austrocknung wieder abnimmt. Die Zunahme der Widerstandsfähigkeit ist um so größer, je besser der Organismus das Trocknen aushält". Es liegt die Annahme nahe, daß die Beobachter, welche nicht sporentragende Bakterien, wie Staphylokokken, dem Formaldehyd gegenüber widerstandsfähiger fanden als Milzbrandsporen, mit sehr wenig resistenten Milzbrandsporen gearbeitet haben. Die mir zur Verfügung stehenden Staphylokokken gingen sowohl im strömenden Wasserdampf als auch im Formaldehydwasserdampf von 70° rasch zu Grunde.

Neben den Sporen von Milzbrand—Maus wurden stets noch solche von dem viel resistenteren Subtilis 1893 verwendet, um den Grad der desinfizierenden Wirkung da noch weiter kontrollieren zu können, wo jener abgetötet wurde. Ueber diesen Punkt bemerkt Reischauer (28): „Jetzt aber, wo man weiß, daß die Erreger der Pest, der Cholera, der Diphtherie, der Tuberkulose, der Influenza und des Typhus viel weniger resistent sind als die Milzbrandsporen, braucht man von einem Desinfektionsmittel nicht zu verlangen, daß es auch Sporen von Kartoffel- und Heubacillen abtötet, sondern kann sich mit einer sicheren Wirkung auf die praktisch in Betracht kommenden begnügen. Unter diesen kennt man freilich die Erreger der Pocken, des Scharlachs und der Masern noch nicht; aber einmal spielen sie doch im allgemeinen nicht die Rolle der erstgenannten und andererseits hat man begründetes Recht

zu der Annahme, daß sie eine besonders hohe, über die anderen Infektionserreger hinausgehende Widerstandskraft nicht besitzen". Im Gegensatz hierzu verlangt Behring (4), „daß allgemeine Desinfektionsmittel, wenn sie die Gewähr bieten sollen, daß sie auch die noch nicht entdeckten Krankheitserreger unschädlich machen, der Anforderung entsprechen mußten, daß die bekannten Lebewesen sämtlich durch sie ihre Vitalität einbüßen".

Zu unseren Versuchen mit einem kleinen Paket wurde der schon früher erwähnte kleine Desinfektionsapparat von Roth benutzt.

1. Versuchsreihe.

Das Paket selbst wurde in 3 Schichten eingeteilt, um das Verhalten der Sporen in verschiedener Tiefe beobachten zu können. Es umfaßte:

1) Die innere Schicht: 3-fach Baumwolldamast;
2) die mittlere Schicht: 3-fache Wollschicht;
3) die äußere Schicht: 4-fache Wollschicht;

so daß z. B. die Fäden der inneren Schicht in 3-fach Baumwolldamast und 7-fach Wolle eingewickelt waren. Außerdem waren die Sporenfäden, je 4—5 an der Zahl, in sterile Filtrierpapierkapseln eingehüllt.

Tabelle III.

Kleines Paket in strömendem Wasserdampf von 98,5° mit und ohne Formaldehyd.

Bakterienart	10 Min. in Wasserdampf			30 Min. in Wasserdampf			10 Min. in Formaldehyd-wasserdampf			30 Min. in Formaldehyd-wasserdampf		
	Innere Schicht 91°*	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht 101°	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht 94°	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht 100°	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht
Staphyloc. p. aur.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Milzbrand—Pferd	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Milzbrand—Maus	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Subtilis 1893	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
Mesent. vulg. II	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—

* Temperaturangabe eines Maximalthermometers.

Die Fäden wurden vor dem Ueberimpfen in Ammoniakwasser geschwemmt.

2. Versuchsreihe.

(Mit dem kleinen Desinfektionsapparat.)

Das Paket, fester verschnürt, besteht aus:

1) Innere Schicht: 270 g Roßhaar, fest verschnürt.
2) Mittlere Schicht: 1-fach Filz und 4-fach Leinwand.
3) Aeußere Schicht: 4-fach Wolle.

Als Testobjekte kommen Sporenfäden von Milzbrand—Maus und Subtilis 1893 zur Verwendung.

Tabelle IV.

Paket in strömendem Wasserdampf von 98,5° mit und ohne Formaldehyd.

Bakterienart	10 Min. in Wasserdampf			30 Min. in Wasserdampf			10 Min. in 0,1-proz. Formaldehyd-wasserdampf			10 Min. in 0,5-proz. Formaldehyd-wasserdampf			10 Min. in 1,0-proz. Formaldehyd-wasserdampf		
	Innere Schicht	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	Mittlere Schicht	Aeußere Schicht
Milzbr.—Maus	+	+	+	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Subtilis 1893	+	+	+	+	+	+	+*	+*	+*	+*	+*	—	+*	+*	—

+* bedeutet stark verzögertes Wachstum.

Die Sporenfäden wurden vor dem Ueberimpfen in Ammoniakwasser geschwemmt.

3. Versuchsreihe.

Nachdem die Versuche mit kleinen Paketen eine bedeutend intensivere Desinfektionswirkung der 98,5-grädigen Formalinwasserdämpfe gegenüber dem einfach strömenden Wasserdampfe ergeben hatten, wurden dieselben mit einem voluminöseren Pakete wiederholt. Diesmal benutzte ich einen größeren Apparat von Roth (30) (50 cm Höhe und 32 cm Durchmesser, innen gemessen), der in hiesiger Augenklinik zum Sterilisieren von Verbandstoffen benutzt wird. Es wurden die gleichen Sporenfäden als Testobjekte benutzt, wie bei der 2. Versuchsreihe.

Das Paket war in 4 Schichten eingeteilt:

1) Innerste Schicht: 5-fach Filz.
2) 2. Schicht: 1 Wolldecke (24-fache Wollschicht).
3) 3. Schicht: 1 Wolldecke (16-fache Wollschicht).
4) Aeußerste Schicht: 1 Wolldecke (8-fache Wollschicht).

Tabelle V.

Großes Paket in strömendem Wasserdampf von 98,5° mit und ohne Formaldehyd.

Bakterienart	15 Min. in Wasserdampf				30 Min. in Wasserdampf				15 Min. in 0,1-proz. Formaldehydwasserdampf				10 Min. in 1-proz. Formaldehydwasserdampf			
	Innere Schicht	2. Schicht	3. Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	2. Schicht	3. Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	2. Schicht	3. Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	2. Schicht	3. Schicht	Aeußere Schicht
Milzbrand—Maus	+	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—
Subtilis 1893	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	—

Sporenfäden vor dem Ueberimpfen in Ammoniakwasser geschwemmt.

IV.

Zu den Versuchen bei niedrigerer Temperatur wurde ein eigens zu diesem Zwecke konstruierter Apparat (Fig. 2 A) benutzt. Derselbe besteht aus starkem Zinkblech, hat Cylinderform, eine Höhe von 35 cm und einen Durchmesser von 25 cm. Um eine allzu rasche Abkühlung

des Apparates zu verhüten, wurde derselbe mit einer 3-fachen Wollschicht umgeben. Der im Apparate (s. Fig. 2) sich befindende Teil des Dampfzuleitungsrohres ist an dem leicht nach oben konvexen Deckel befestigt; der über dem Hahn befindliche Teil dagegen ist abschraubbar. In der Mitte des Deckels steckt ein Thermometer. Eine kleine Abflußröhre nahe dem Boden des Apparates wurde mittels eines Gummischlauches mit einem Vakuummeter verbunden. Von der dem Zuleitungsrohr entgegengesetzten Seite des Deckels führt ein druckfester Gummischlauch zur Wasserstrahlpumpe. Behufs luftdichtem Abschluß befindet sich zwischen Deckel und oberem Rand des Cylinders ein Gummiring; der Deckel selbst wird mittels abnehmbarer Schrauben am Cylinder befestigt.

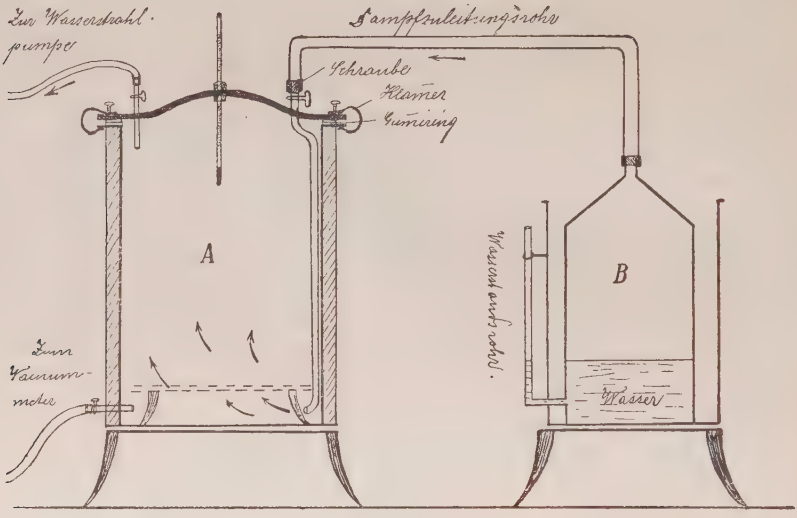

Fig. 2.

Die Temperatur im Innern des Cylinders ließ sich leicht durch Handregulierung des Bunsenbrenners ziemlich konstant erhalten. Die Versuchsanordnung war derart, daß die Formaldehydwasserdämpfe direkt aus dem kleinen Apparat Roth (Fig. 2 B) in den Blechcylinder hinübergeleitet wurden (4. Versuchsreihe); oder es wurden aus dem genannten Apparate nur Wasserdämpfe eingeleitet, während eine Formaldehydlösung im Cylinder aufgestellt war (5. Versuchsreihe); oder endlich es wurde die Formaldehydlösung direkt im Blechcylinder A verdampft (6. Versuchsreihe).

Versuchsreihe 4a.

Um zunächst die Tiefenwirkung von Wasserdämpfen und Formaldehydwasserdämpfen zu prüfen, wurde wieder ein Paket gewählt, dessen innere und äußere Schicht Sporenfäden einschlossen. Es bestand:

die innere Schicht aus 5-fach Filz und 8-fach Wolle;
„ äußere „ „ 2 „ Wolle.

Tabelle VI.

Paket in Wasserdampf von 80° mit und ohne Formaldehyd.

Bakterienart	a		b		c		d		e		f	
	30 Min. in Wasserdampf		30 Min. in 0,5-proz. Formaldehydwasserdampf ohne Vakuum		30 Min. in 0,5-proz. Formaldehydwasserdampf 300 mm Druckdifferenz		30 Min. in 1-proz. Formaldehydwasserdampf 250 mm Druckdifferenz		60 Min. in 1-proz. Formaldehydwasserdampf 280 mm Druckdifferenz		60 Min. in 4-proz. Formaldehydwasserdampf 430 mm Druckdifferenz	
	Innere Schicht 72°	Aeußere Schicht 82°	Innere Schicht 73°	Aeußere Schicht 83°	Innere Schicht 76°	Aeußere Schicht 78°	Innere Schicht 76°	Aeußere Schicht 80°	Innere Schicht 76°	Aeußere Schicht 80°	Innere Schicht 78°	Aeußere Schicht 81°
Staphylococcus aureus	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Milzbrand—Maus	+	+	+	+	+	—	+	—	+	—	+	—
Subtilis 1803	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+	—

NB. Unter Vakuum verstehen wir hier die Differenz zwischen dem Luftdruck innerhalb und demjenigen außerhalb des Apparates, ausgedrückt in Millimetern, und welche Druckdifferenz von der Quecksilbersäule des Vakuummeters angezeigt wird.

Wir sehen, besonders aus c und f, daß die Tiefenwirkung 80-grädiger Formalinwasserdämpfe nicht eine sehr beträchtliche ist, da selbst beim Verdampfen einer 4-proz. Lösung Milzbrand—Maus in der inneren Schicht nicht abgetötet wurde.

Die Versuchsanordnung war folgende: Im Dampfentwickelungsapparat wurde mittels einer Bunsenflamme Wasser zum Sieden gebracht und bei Anwendung des Vakuums gleichzeitig die Luft aus dem Cylinder abgesogen und letzterer leicht vorgewärmt, um eine Kondensation des einströmenden Dampfes an den Wänden des Cylinders zu vermeiden. Zeigte das Vakuummeter die gewünschte Druckdifferenz, so wurde das Formalin in den Verdampfungsapparat gegossen, dann der Hahn des Dampfzuströmungsrohres ganz leicht geöffnet, so daß der Dampf langsam einströmte. Die Zeitrechnung begann mit dem Momente, da das Thermometer des Cylinders die gewünschte Temperatur anzeigte. Nach Ablauf der Versuchszeit wurde das Vakuum durch weiteres Zuleiten von Formaldehydwasserdämpfen ausgeglichen und der Apparat noch 1 Stunde uneröffnet gelassen; alsdann wurden die Objekte herausgenommen und die Seidenfäden überimpft.

Versuchsreihe 4b.

Nachdem, wie aus vorhergehendem ersichtlich, die Paketversuche nicht allzu günstige Resultate ergeben hatten, wurden nun, den Verhältnissen der Praxis möglichst angepaßt, infizierte Seidenfäden in verschiedene Gegenstände gesteckt. Es kommt bei diesen letzteren Versuchen weniger auf die Durchdringung dichter Gegenstände an als vielmehr auf die Wirkung gegenüber sogenannten „toten Winkeln“. Daß letztere sehr ungünstige Verhältnisse darbieten, zeigen die Resultate, welche mit den in der Stiefelspitze untergebrachten Seidenfäden erlangt

wurden. Die Versuchsanordnung ist die gleiche wie bei der Versuchsreihe 4a.

Tabelle VII.

Sporenfäden lose in verschiedenen Gegenständen untergebracht und Formaldehydwasserdämpfen ausgesetzt bei 70°.

Formaldehydwasserdampf in Proz.	Zeit in Min.	Vakuum in Millimetern	Verpackung	Bac. coli	Milzbrand—Maus	Subtilis 1893
1	30	500	Glacéhandschuh	—	—	+
—	—	—	Stiefelspitze, Schaft umgebogen	+	+	+
—	60	300	Glacéhandschuh	—	—	—
—	—	300	Stiefelspitze, Schaft umgebogen	+	+	+
—	—	300	270 g Roßhaar, verschnürt	+	+	+
—	—	—	2 Pelzstreifen, übereinander gelegt	—	+	+
2	—	360	Stiefelspitze, Schaft umgebogen	—	+	+
—	—	—	Pelzstreifen, übereinander gelegt	—	—	—
—	—	—	270 g Roßhaar	—	—	—
—	—	—	Buch, geschlossen	+	+	+
4	—	430	Schuhspitze, Schaft offen *1	—	—	—
—	—	—	Schuhspitze, Schaft umgebogen *2	—	+	+

*1 *2 Es waren in beiden Schuhen gleichzeitig Seidenfäden sterilisiert worden, welche mit Subtilis-Panophthalmie, Staphylococcus pyogenes aureus und Milzbrand—Pferd infiziert waren.

5. Versuchsreihe.

In dieser Versuchsreihe wurde nur Wasserdampf eingeleitet; eine Porzellanschale auf dem Boden des Blechcylinders B war gefüllt mit 400 ccm einer 10-proz. Formaldehydlösung. Aus dem Verdampfungsapparate A werden 60 Minuten lang Wasserdämpfe eingeleitet. Die Temperatur im Cylinder wird auf 70° gehalten.

Tabelle VIII.

Sporenfäden lose in verschiedenen Gegenständen untergebracht und Formaldehydwasserdämpfen von 70° ausgesetzt.

Vakuum in Millimeter	Verpackung	Milzbrand—Pferd	Milzbrand—Maus	Subtilis 1893
400	4-fach Wolle	+	+	+
380	Aeußere Rocktasche, nach unten schauend	—	—	—
—	„ „ „ oben „	—	—	+
—	Brusttasche des verschnürten Rockes	—	+	+
450	Schuhspitze	—	+	+
—	Kleiderbürste	—	—	—*
—	Pelz	—	—	+

* Die in der Bürste versteckten Sporenfäden waren nicht in Filtrierpapierkapseln eingewickelt, sondern lagen frei auf dem Boden der Bürste.

Diese 5. Versuchsreihe war unternommen worden, um zu sehen, ob man nicht durch bloßes Hineinstellen einer Formaldehydlösung in einen gewöhnlichen Desinfektionsapparat mit Hilfe des Luftabsaugens befriedigende Resultate erzielen könnte. Trotz des relativ starken Vakuums ist aber der Effekt kein besonders guter, weil auf diese Art zu wenig Formaldehyd verdampft.

6. Versuchsreihe.

Die Formaldehydlösung wird direkt in dem Blechcylinder verdampft, und zwar werden zuerst das Wasser und die Objekte hineingetan, dann wird die Luft abgesogen und das Wasser im Cylinder gleichzeitig erhitzt. Sobald das Thermometer auf 70° steht, wird das Formalin in abgemessener Menge durch das Dampfzuleitungsrohr, dessen oberer Teil abgeschraubt worden, hineingegossen; die Temperatur wurde 60 Min. bei 70° gehalten.

Die Sporenfäden kamen in das gleiche Paket wie bei der 4. Versuchsreihe: Innere Schicht — 5-fach Filz und 8-fach Wolle;
äußere „ — 2-fach Wolle.

Tabelle IX.

Paket in 70-grädigem Wasserdampf mit und ohne Formaldehyd.

Vakuum	60 Min. in Wasserdampf 400 mm		30 Min. in 2-proz. Formaldehyd-wasserdämpfen 350 mm		60 Min. in 2-proz. Formaldehyd-wasserdämpfen 380 mm	
Bakterienart	Innere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	Aeußere Schicht	Innere Schicht	Aeußere Schicht
Milzbrand — Pferd	+	—	+	—	—	—
„ — Maus	+	+	+	—	—	—
Subtilis 1893	+	+	+	—	+	—

NB. Das Maximalthermometer in der Flüssigkeit auf dem Boden des Cylinders stand jeweilen bei 90°.

Tabelle X.

Sporenfäden in verschiedenen Gegenständen untergebracht und 70-grädigen Wasserdämpfen mit und ohne Formaldehyd ausgesetzt.

Formaldehyd-wasserdampf in Prozent	Zeit in Minuten	Vakuum in Millimeter	Verpackung	Milzbrand — Maus	Subtilis 1893
—	60	360	Rocktasche (R. verschnürt)	+	+
—	60	360	Schuhspitze	+	+
—	60	360	270 g Roßhaare	+	+
—	60	360	Pelz, zusammengelegt	+	+
1	30	380	Rocktasche	—	+
1	30	380	Schuhspitze	—	+
1	30	380	270 g Roßhaare	—	+
1	30	380	Pelz	+	+
1	60	360	Rock	—	—
1	60	360	Schuhspitze	—	—
1	60	360	270 g Roßhaare	—	—
1	60	360	Pelz	—	—

Bei den Versuchen der 5. und 6. Versuchsreihe waren die Objekte nach Ablauf der eigentlichen Desinfektionszeit noch 2 Stunden im Cylinder gelassen worden. Der Apparat kühlte sich während dieser Zeit etwas ab (die Temperatur sank meist von 70° auf 40°); das Vakuum aber blieb beinahe gleich.

Neben den eigentlichen Versuchsobjekten wurden stets noch Seidenmuster, Leder und Pelzwaren und zwar stets wieder die gleichen in den Desinfektionscylinder gelegt. Ich konnte makroskopisch weder eine Aenderung in der Farbe noch irgend sonst eine Schädigung der genannten Gegenstände nachweisen.

Fassen wir unsere Resultate zusammen, so können wir wohl sagen, daß die Tiefenwirkung der Formaldehydwasserdämpfe eine bedeutendere ist, als sie das Formaldehydgas trotz der vielen Methoden seiner Anwendung bis heute hat erreichen können.

Für die Erklärung dieser Wirkung ließe sich vielleicht folgendes geltend machen: Nach der Fliegnerschen (9) „Tabelle für gesättigten Wasserdampf" braucht es, um Wasser zum Sieden zu bringen:

bei 45° einen Druck von $^1/_{10}$ Atmosphäre
„ 60° „ „ „ $^2/_{10}$ „
„ 69° „ „ „ $^3/_{10}$ „
„ 75° „ „ „ $^4/_{10}$ „

Um also bei 69° Wasser zum Sieden zu bringen, muß der Luftdruck statt 700 nur 210 mm betragen, d. h. er braucht eine Druckdifferenz von 490 mm. Sobald wir 70-grädiges Wasser oder eine Formalinlösung unter einen Druck von 210 mm setzen, haben wir es folglich mit „strömendem Dampfe" zu thun, welcher eben viel gleichmäßiger und viel tiefer in die Objekte eindringt, als nicht strömender.

Schlußsätze:

1) Wie aus den mitgeteilten Versuchen ersichtlich, wird die Wirkung des strömenden Wasserdampfes durch gleichzeitiges Verdampfen von Formaldehyd bedeutend gesteigert.

2) Eine besonders intensive Steigerung der desinfizierenden Kraft äußert sich in den Versuchsresultaten mit 100 resp. 98,6-grädigem Formaldehydwasserdampf. So gingen beim Verdampfen einer 0,1-proz. Formaldehydlösung Sporen von Bacillus mesenterius II, welche im einfach strömenden Wasserdampfe nach 145 Min. noch lebend waren, bereits nach 10—15 Min. zu Grunde.

3) Eine so bedeutende Steigerung der Desinfektionswirkung in der Tiefe voluminöser Objekte, wie v. Esmarch sie beobachtet hat, konnten wir nicht beobachten. Der Formaldehyd scheint von den feuchten äußeren Schichten der Objekte absorbiert zu werden, so daß sich hier wässerige Formaldehydlösung ansammelt und relativ wenig Formaldehyd in die Tiefe dringt; immerhin üben schon geringe Mengen desselben eine nicht unbedeutende bakterientötende Wirkung aus.

4) Die Versuche mit Formaldehydwasserdampf von nur 70—80° ergaben sehr intensive bakterizide Wirkung gegenüber freien Sporenfäden. So gingen Sporen von Milzbrand—Maus, welche dem strömenden Wasserdampfe von 98,5° 9 Min. widerstanden hatten, in 1-proz. Formaldehydwasserdampf von 70° schon nach 4 Min. zu Grunde.

5) Die Anwendung von 70-grädigem Formaldehydwasserdampf unter Zuhilfenahme des Vakuums behufs Desinfektion der verschiedensten Objekte, hat nicht durchgehends zu befriedigenden Resultaten geführt. Am günstigsten waren die Versuchsergebnisse, wenn die Verdampfung der Formaldehydlösung in demselben Apparate vorgenommen wurde, welche die zu desinfizierenden Objekte enthielt. Es darf dieser Unterschied in den Versuchsergebnissen wohl hervorgehoben werden, damit bei weiteren Forschungen die Frage der Art und Weise der Formalinwasserdampfentwickelung Berücksichtigung findet.

6) Die eine Tatsache verdient besonders betont zu werden, wie dies schon v. Esmarch hervorhebt, daß bei richtiger Versuchsanordnung Formaldehydwasserdämpfe von 70—80° im stande sind, auch die widerstandsfähigsten Sporen zu vernichten, d. h. bei einer Temperatur,

welche für Gegenstände wie Leder, Pelz, Seidenstoffe u. s. w. nicht schädlich wirkt.

7) Eine wichtige Frage, welche der Lösung noch harrt, ist die der Desinfektion großer Ballen, speziell von Roßhaarballen; und so wäre die Einführung einer Methode, welche statt der teuren, unter erhöhtem Druck arbeitenden Desinfektionsapparate mit billigeren zu demselben Resultate kommen würde, sehr zu begrüßen.

Wir dürfen uns wohl dem Wunsche v. Esmarchs anschließen und hoffen, daß diese neue vielversprechende Methode durch weitere experimentelle Beiträge unterstützt werde, da noch viele praktische Fragen der Erledigung bedürfen und erst durch zahlreiche, mit verschiedenen Apparaten und unter verschiedenen Bedingungen ausgeführte Laboratoriumsversuche aufgeklärt werden können. Hoffen wir also, daß der Ausspruch Martins (21): „Wenn es einen Punkt gibt, über den alle Untersucher einig sind, so ist es der, daß das Formol ein Oberflächendesinficiens ist", bald seine Richtigkeit eingebüßt haben werde.

Am Schlusse meiner Arbeit sei es mir vergönnt, Herrn Prof. Dr. O. Wyss für die Ueberlassung des Materials des hygienischen Institutes, sowie besonders Herrn Dozent Dr. Silberschmidt für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für den allzeit gütigst gespendeten Rat meinen herzlichsten Dank auszudrücken.

Literatur.

1) Abba und Rondelli, Weitere behufs Desinfektion von Wohnräumen mit dem Scheringschen formogenen Apparat ausgeführte Versuche. (Centralbl. f. Bakt. Bd. XXVIII. No. 12/13. p. 337.)
2) Aronson, Ueber die antiseptische Eigenschaften des Formaldehyds. (Berliner kleine Wochenschr. 1892. p. 749.)
3) —, Ueber eine neue Methode zur Desinfektion von größeren Räumen mittels Formalin. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. XXV. 1897. p. 168.)
4) Behring, Bekämpfung der Infektionskrankheiten. Infektion und Desinfektion. Leipzig (G. Thieme) 1894.
5) Bombicci, Contributo allo studio della disinfezione colla Formaldeide. (Ufficio d'Igiene di Padova Giornale della Reale Società Italiana d'Igiene. Anno 1902.)
6) v. Brunn, Formaldehyddesinfektion durch Verdampfung verdünnten Formalins. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. XXX. 1899. p. 201.)
7) Dunbar und Musehold, Untersuchungen über das von der Société Chimique des Usines du Rhône für Haare und Borsten empfohlene Desinfektionsverfahren mit Formaldehyd im luftverdünnten Raume. (Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. XV. 1899. p. 144.)
8) v. Esmarch, Die Wirkung von Formalinwasserdämpfen im Desinfektionsapparate. (Hyg. Rundschau. 1902. No. 19. p. 961.)
9) Fliegner, „Tabelle für gesättigten Wasserdampf". Des Ingenieurs Taschenbuch. Berlin (W. Ernst & Sohn) 1899.
10) Förster, Versuche über Wäschedesinfektion. (Hyg. Rundschau. Bd. XI. 1900. p. 513.)
11) Frank, Ueber Desinfektionswirkung des Alkohols, insbesondere der Alkoholdämpfe. (Münch. med. Wochenschr. 1901. No. 4. p. 139.)
12) Verfahren zum Desinfizieren tierischer Haare des Spiritusvorlaufes. (Ref. in der Hyg. Rundschau. 1901. p. 711.)
13) Geppert, Ueber desinfizierende Mittel und Methoden. (Berlin. klin. Wochenschr. 1890. No. 11.)
14) Hammer und Feitler, Ueber elektive Wirkung des Formalins auf Milzbrandbacillen. (Centralbl. f. Bakt. Bd. XXIV. 1898. p. 349.)
15) Heider, Ueber die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel bei höheren Temperaturen. (Arch. f. Hyg. Bd. XV. 1892. p. 341.)
16) Hinz, Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Verwendbarkeit des Formaldehyds zur Desinfektion von Kleidungsstücken und von Wohnräumen. Inaug.-Diss. Kiel, 1900.

17) Kinyoun, Formaldehyd as a desinfecting agent and its practical application. (Public Health Reports. Vol. XII. 1897. No. 5. p. 89.)
18) Koch, R., Ueber Desinfektion. (Mitteilungen aus dem kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. I. 1881. p. 234.)
19) Kokubo Keisatu, Die kombinierte Wirkung chemischer Desinfektionsmittel und heißer Wasserdämpfe. (Centralbl f. Bakt. Bd. XXXII. 1902. No. 3. p. 234.)
20) Lehmann, Vorläufige Mitteilungen über die Desinfektion von Kleidern, Lederwaren, Bürsten und Büchern mit Formaldehyd. (Münch. med. Wochenschr. 1893. No. 32. p. 597.)
21) Martin, La désinfection pour l'aldéhyde formique gazeuse. (Rev. d'hyg. 1899. p. 613.)
22) Merkel, Ein Desinfektionsversuch mittels des Trillatschen Apparates und des Vakuums bei Formalinentwickelung. (Münch. med. Wochenschr. 1898. No. 46. p. 1484.)
23) Nocht, Ueber die Verwendung von Karbolseifen zu desinfizierenden Zwecken. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. VII. p. 521.)
24) Ottolenghi, Ueber Desinfektion von tuberkulösen Sputa in Wohnräumen. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. XXXIV. p. 259.)
25) Petruschy und Hinz, Ueber Desinfektion von Kleidungsstücken mittels strömenden Formaldehyds. (Dtsche med. Wochenschr. 1898. p. 527.)
26) Pottevin, Recherches sur le Pouvoir antiseptique de l'aldehyde formique. (Annales de l'Institut Pasteur. 1894. p. 796.)
27) Reichenbach, Versuche über Formalindesinfektion von Eisenbahnwagen.
28) Reischauer, Vergeichende Untersuchungen über die Brauchbarkeit verschiedener Verfahren zur Ausführung der Wohnungsdesinfektion mit Formaldehyd. (Hyg. Rundschau. 1900. p. 577.)
29) Rositzky, Ueber ein einfaches, für den praktischen Arzt bestimmtes Verfahren zur Kleiderdesinfektion mittels Formaldehyds. (Münch. med. Wochenschr. 1899. p. 1372.)
30) Roth, Ein Desinfektionsapparat für Kleider und Verbandstoffe. (Korresp.-Blatt f. Schweizer Aerzte. 1890. p. 208.)
31) Schumburg, Zur Technik der Untersuchung bei der Formaldehyddesinfektion. (Deutsche med. Wochenschr. 1898. No. 52. p. 834.)
32) —, Ueber die Desinfektionskraft der heißen Luft. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. XLI. 1902. p. 167.)
33) Silberschmidt und Bänziger, Zur Aetiologie der Panophthalmie nach Hackensplitterverletzungen. (Bericht über die 30. Versammlung der ophthalmolog. Gesellschaft, Heidelberg 1902.)
34) Sitsen, Ueber den Einfluß des Trocknens auf die Widerstandsfähigkeit der Mikrobien Desinfektionsmitteln gegenüber. (Centralbl. f. Bakt. Bd. XXVI. p. 65.)
35) Spengler, Tuberkelbacillenzüchtung aus Bakteriengemischen und Formaldehyddesinfektion. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. XLII. 1903. p. 90.)
36) Trillat, Sur les propriétés antiseptiques de la formaldéhyde. (Compt. rend. etc. 1892. No. 114. p. 1278.)
37) Walter, Zur Bedeutung des Formalins (resp. Formols) als Desinfektionsmittel. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. XXI. 1896. p. 421.)
38) —, Formaldehyd als Desinfektionsmittel. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. XXVI. 1897 p. 454.)

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 2518

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.